CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Tsukuba Repository

Estimation of groundwater residence time using bomb-produced chlorine-36

著者	戸崎 裕貴
内容記述	Thesis (Ph. D. in Science)--University of Tsukuba, (A), no. 4819, 2008.5.31 Includes bibliographical references (leaves 104-132)
発行年	2008
URL	http://hdl.handle.net/2241/107829

【5】

氏　名（本籍）	戸　崎　裕　貴（茨 城 県）
学 位 の 種 類	博　　士（理　　学）
学 位 記 番 号	博　甲　第　4819　号
学位授与年月日	平成 20 年 5 月 31 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科
学 位 論 文 題 目	**Estimation of Groundwater Residence Time Using Bomb-Produced Chlorine-36** （核実験起源の ^{36}Cl を用いた地下水の滞留時間の推定）

主　査	筑波大学教授	理学博士	田　瀬　則　雄
副　査	筑波大学教授	理学博士	田　中　　正
副　査	筑波大学准教授	博士（理学）	辻　村　真　貴
副　査	筑波大学講師	博士（理学）	山　中　　勤
副　査	筑波大学講師	博士（工学）	笹　　公　和

論 文 の 内 容 の 要 旨

これまで地下水の滞留時間の推定に，^{3}H（トリチウム）が重要な役割を果たしてきたが，^{3}H の半減期は 12.32 年と短く，近年ではその有効性が失われつつあり，最近 50 年程度の地下水を対象とする新たなトレーサーが必要とされている。その一つとして, 1950 年代の海域における核実験によって生成された ^{36}Cl があり，半減期が非常に長く（301，000 年），減衰が無視できるという利点がある。地下水の滞留時間の推定にこの核実験起源の ^{36}Cl を適用した例はなく，本研究では核実験起源 ^{36}Cl を用いた滞留時間推定法の方法論を提案し，妥当性を検討した。

世界各地のアイスコア中の核実験起源 ^{36}Cl のデータより，降下量の時系列はほぼ共通しており，グリーンランドの Dye-3 を基準として，対象地域のスケーリングファクター（SF）を決定し，地表面における ^{36}Cl と Cl の収支式を用い，推定した降下量履歴を ^{36}Cl/Cl 比の時系列値に変換し，これに地下水の ^{36}Cl/Cl 比を対応させ，滞留時間の推定を行った。

まず，ドイツの Oderbruch 地域の地下水中の ^{36}Cl を加速器質量分析法（AMS）により測定し，SF の推定を行った。1 次元移流分散シミュレーションにより帯水層中の ^{3}H+^{3}He$_{trit}$（^{3}H 起源の ^{3}He）の分布に対する最適なパラメータ（流速と分散度）を求め，それらを用いて ^{36}Cl/Cl 比の分布を求め，2 成分混合モデルを用いて Cl の付加の影響を考慮した後，インプットとして用いた Dye-3 のデータに対するファクターを変化させてフィッティングさせ，SF を 0.3 と求めた。これを基に ^{36}Cl/Cl の時系列変化を推定した場合，ドイツの Rheingau 地方のワイン中の ^{36}Cl/Cl 比と矛盾しない結果が得られた。一般的に用いられている降下量の緯度依存性を基に SF（2.3）を求めた場合には過大評価となったことから，対象地域ごとに SF を推定する必要があることを示唆した。

次に，日本における核実験起源 ^{36}Cl の適用のため，茨城県の筑波台地の地下水中の ^{36}Cl のプロファイルを測定し，核実験起源 ^{36}Cl の総降下量を見積もり，Dye-3 に対する SF を 0.88 とした。これに，筑波大学で 3 年間に渡って採取した降水から求めた ^{36}Cl の現在のバックグラウンドフラックスを用いて ^{36}Cl/Cl 比の時

系列を推定した。核実験ピークとバックグラウンドとの比は 363 となり，アジアにおけるアイスコアの結果（416; ネパール）と概ね同程度で妥当な値と考えた。

最後に, 富士山周辺地域の湧水を対象として核実験起源 ^{36}Cl を滞留時間の推定に適用した。SF としては 0.88 を用い，^{36}Cl/Cl 比の時系列変化を推定した。人為起源の Cl が混入している可能性がある湧水を除き，酸素・水素安定同位体比と水質組成から湧水の区分を行った上で滞留時間の推定を行った。その結果，富士山東側では 25 ～ 35 年程度，南東側では 20 年以下の滞留時間が推定され，^{3}H や ^{3}H/^{3}He 法による先行研究の結果と矛盾しないことから，^{36}Cl による滞留時間推定法の有効性が示唆された。一方，西側における推定結果（25 ～ 30 年）は先行研究の結果と一致せず，他の斜面よりバックグラウンド値が高い（降水量または降水中の Cl^{-} 濃度の条件が異なる）可能性が考えられた。

以上より，地下水中での ^{36}Cl の分布から SF を求めることにより，地下水の滞留時間を推定することが可能となることを示した。また，推定した降下量履歴を ^{36}Cl/Cl 比に変換する際には，対象地域（涵養域）における正確な降水量と降水の Cl^{-} 濃度の設定が重要であることを示唆した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

地下水資源の開発およびその持続的利用のためには，適正な利用計画を立てることが重要となるが，その際には対象地域における地下水の滞留時間や流動系を把握することが不可欠である。これまで利用されてきた ^{3}H（トリチウム）がトレーサーとしての有効性を失ってきており，数十年オーダーの新しい地下水に適用できるトレーサーが必要であり，本研究は ^{36}Cl にその一つの可能性があることを示した点で，学術的に意義のある貴重な研究で，博士論文として十分な内容と判断した。また，試料の前処理方法の改善なども含め, 天然レベルの ^{36}Cl を加速器質量分析法（AMS）で分析する方法を確立した筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門 AMS グループの一員として，本論文の作成過程で筆者が大きな役割を果たしている点も評価できる。

社会的観点からも，地下水汚染が大きな問題となっており，滞留時間を正確に把握することは，これらの問題への対策・解決の基礎としても重要である。

なお，今回の方法論の汎用性を担保するために，他の方法とクロスチェックしながら，多くの適応事例によりその有効性を確定することを期待する。

よって，著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。